

# **Snímače polohy**

# Snímače mechanických veličin

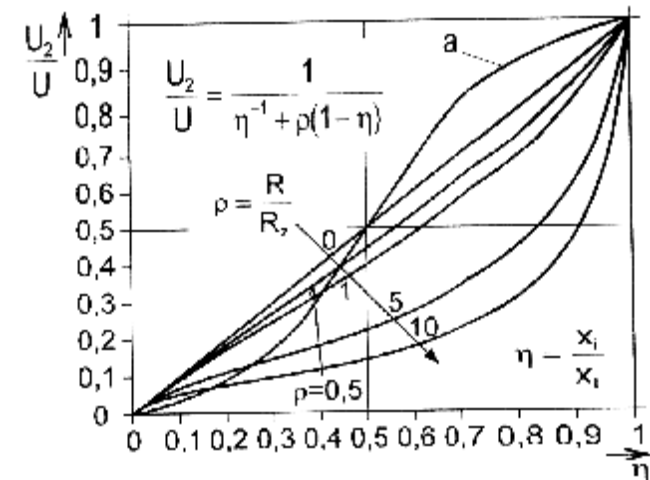
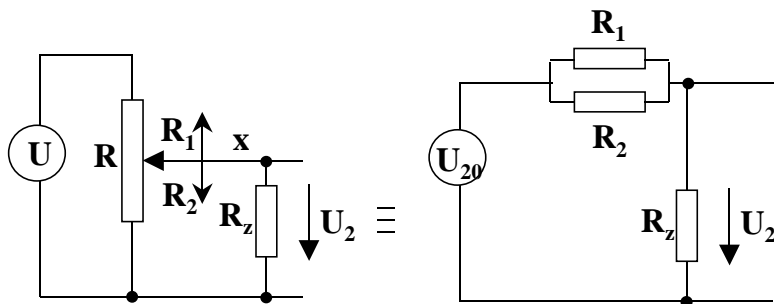
## Rozdělení snímačů

- I Podle druhu měřené fyzikální veličiny
  - polohy
  - rychlosti a zrychlení
  - kmitavého pohybu
  - mechanického napětí
  - síly ..... atd.
- I Podle průběhu výstupního signálu
  - spojité
  - limitní
  - číslicové
- I Podle principu činnosti
  - mechanické
  - odporové
  - magnetické
  - indukční
  - kapacitní
  - optické
  - ultrazvukové ....atd
- I Podle způsobu odměřování
  - absolutní
  - přírůstkové (inkrementální)
  - smíšené

# Zapojení odporového snímače polohy

## I Potenciometrické zapojení

## Graf závislosti $U_2$ a polohy



u Závislost mezi měřenou polohou a výstupním napětím  $U_2$ .

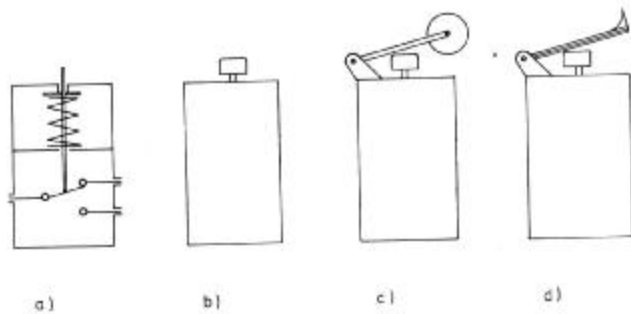
$$\frac{U_2}{U} = \frac{1}{a^{-1} + p \cdot (1-a)} \quad \text{kde} \quad a = \frac{x_2}{x} \quad p = \frac{R}{R_z}$$

$x_2$  ..... vzdálenost jezdce od počátku odporové dráhy

$x$  ..... celková délka odporové dráhy

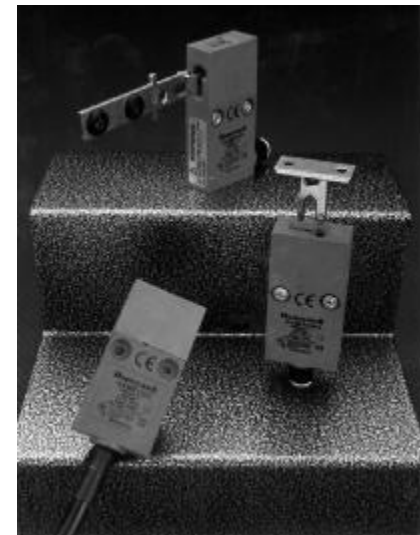
# Mechanické snímače

- I Působením neelektrické veličiny (mechanickým pohybem) dochází ke skokové změně odporu přepínáním kontaktu.
- I Nejčastější aplikací je měření polohy pohybujících se částí různých technických zařízení, kde jsou součástí tzv. **koncových spínačů**.



- a) **přepínací mechanismus**
- b) **spínač přímý**
- c) **spínač kladičkový**
- d) **spínač západkový**

## Foto mechanických snímačů



# Magnetické snímače

## Rozdělení

- W kontakty jazýčkového relé
- W wiegandovy sondy
- W hallovy sondy

## Kontakty jazýčkového relé

- Princip** spočívá ve využití silových účinků magnetického pole permanentního magnetu na jazýčky z magneticky měkkého materiálu zatavené do skleněné trubičky plněné inertním plynem.

$$F_M = \frac{\Phi^2}{2\mu_0 S} \quad F_M = k \frac{d_0 - d}{2}$$

Na kontakty působí síla  $F = F_M - F_D$

$F_M$  síla vyvolaná perm. magnetem

$F_D$  direktivní síla

$\mu_0$  ..... permeabilita vakua

$S$  ..... překrývající se plocha jazýčků

$k$  ..... tuhost jazýčků

$d_0$  .... počáteční poloha

$d$  ..... poloha

# Indukční snímače polohy

**Princip** indukčních snímačů polohy spočívá v převodu polohy na změnu vlastní indukčnosti  $L$ , případně vzájemné indukčnosti  $M$ .

## Rozdělení:

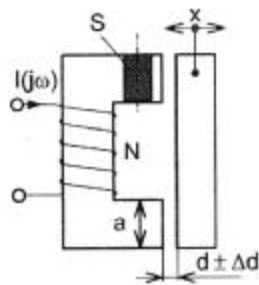
- I Podle základního principu
  - tlumivkové
  - transformátorové.
- I Podle provedení magn. obvodu
  - s otevřeným mag. Obvodem
  - s uzavřeným mag. Obvodem
- I Podle uspořádání snímacích prvků
  - jednoduché
  - diferenciální
- I Podle vazby s měřeným předmětem
  - dotykové
  - bezdotykové

# Tlumivkové snímače

## Tlumivkové snímače s uzavřeným magnetickým obvodem

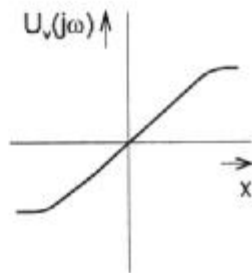
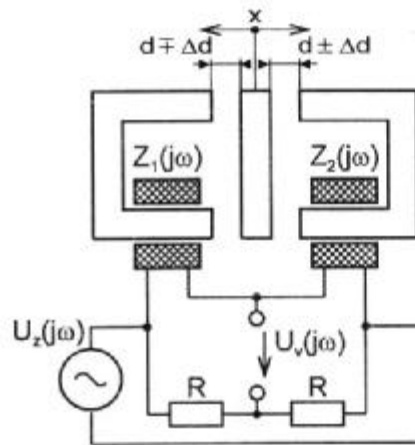
### Snímače s proměnnou vzduchovou mezerou

Uspořádání snímače



Pro indukčnost L platí přibližně vztah::

Závislost  $L$  na  $d$  je hyperbolická, snímač se používá pouze v oblasti, kde je převodní charakteristika přibližně lineární - měření malých posunů.



Větší citlivosti (dvojnásobné) i linearity můžeme dosáhnout diferenčním snímačem

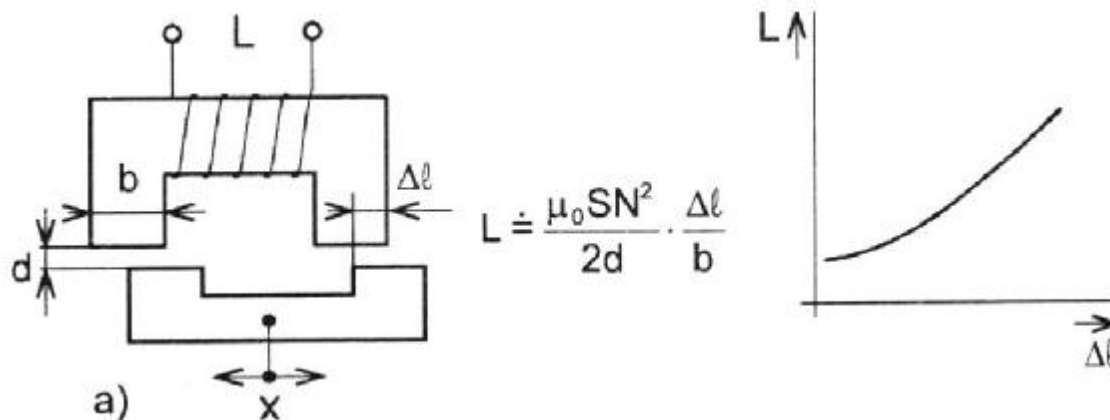
# Tlumivkové snímače s proměnnou plochou vzduchové mezery

- I Používá se pro měření středních posunů. Pro indukčnost  $L$  zde platí vztah:

$$L = \frac{\mu_0 \cdot S \cdot N^2}{2d} \cdot \frac{\Delta l}{b}$$

- I dobré linearitu lze dosáhnout při  $x \ll b$  a  $d \ll b$ .

Schéma a převodní charakteristika snímače:





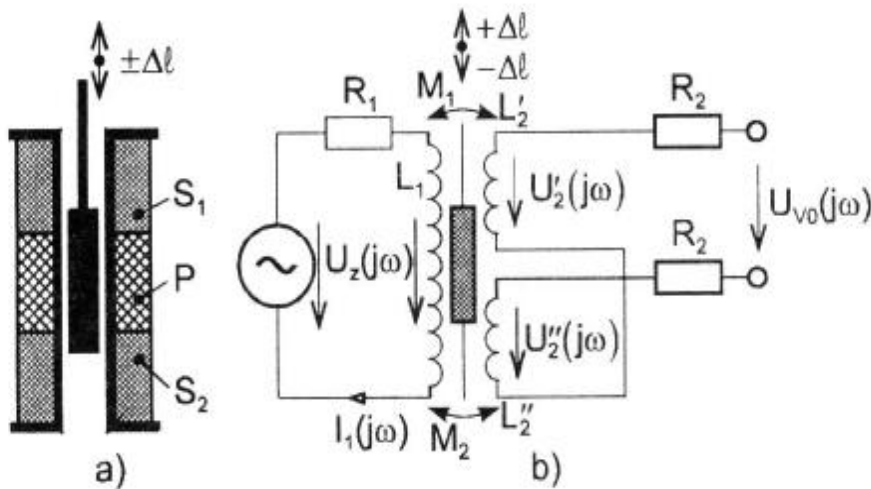
# Transformátorové snímače

## I Princip

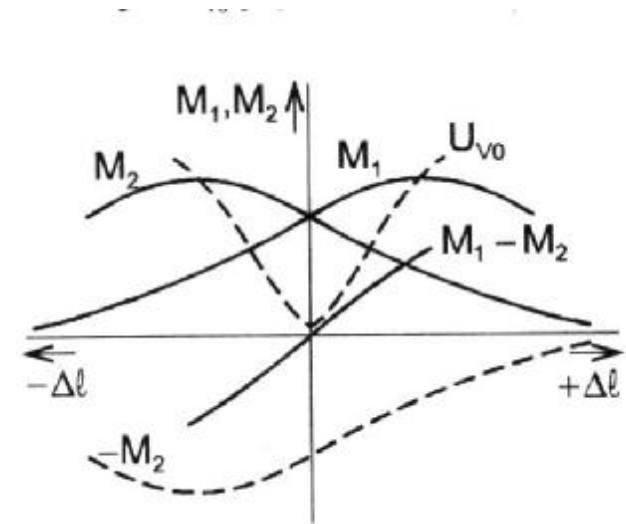
- W Vyhodnocení změny vzájemné indukčnosti mezi primární a sekundárními cívkami.
- W Primární cívka je napájena ze zdroje střídavého napětí, takže výstupní napětí sekundárního vinutí je úměrné měřené veličině (poloze)

## I Typ LVDT(Linear Variable Differential Transformer)

### Provedení snímače



### Převodní charakteristiky



# Kapacitní snímače polohy

## I Základní principy

- W Převod měřené veličiny na kapacitu kondenzátoru a v její následné převedení na zpracovatelný signál (napětí, proud) v logické nebo spojitě formě.
- W Základním principiálním vztahem je vzorec pro výpočet kapacity rovinného deskového kondenzátoru:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$$

kde:

C

je kapacita kondenzátoru

$\epsilon_0$

je permitivita vakua

$\epsilon_r$

je poměrná permitivita

S

je účinná plocha elektrod

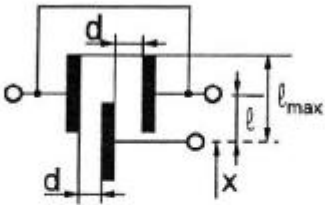
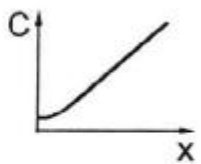
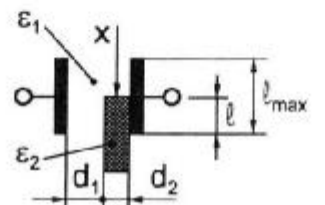
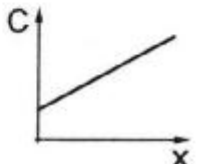
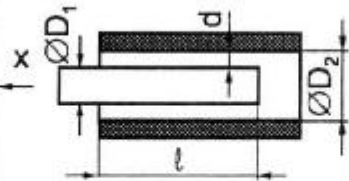
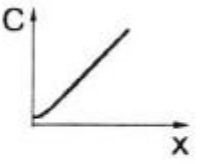
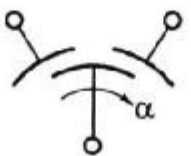
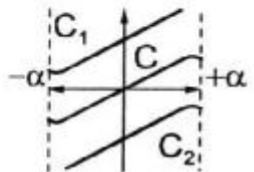
d

je vzdálenost elektrod

# Principy kapacitních snímačů I

| Typ snímače                                       | schéma | funkční vztahy  | charakteristika |
|---|--------|---|-----------------|
| deskový jednoduchý s proměnnou mezerou            |        | $C = \varepsilon \frac{S}{d(x)}; \quad \frac{\Delta C}{\Delta d} \doteq -\frac{C}{d} \left(1 - \frac{\Delta d}{d}\right)$   |                 |
| deskový diferenční s proměnnou mezerou            |        | $C_1 = \varepsilon \frac{S}{d(x)};$<br>$C_2 = \varepsilon \frac{S}{d(x)};$<br>$\frac{\Delta C}{\Delta d} \doteq -\frac{C}{d} \left[1 + 2 \left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2\right]$  |                 |
| deskový s vrstvou dielektrika s proměnnou mezerou |        | $C = \frac{\varepsilon_1 S}{d_1(x) + \frac{d_2 \varepsilon_1}{\varepsilon_2}};$<br>$\frac{\Delta C}{C} = -\frac{\Delta d_1}{d_1 + d_2} \cdot \frac{1}{N - \frac{\Delta d_1}{d_1 + d_2}}$<br>$N = \frac{\varepsilon_2 (d_1 + d_2)}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2}$ |                 |
| deskový s proměnnou tloušťkou dielektrika         |        | $C = \frac{\varepsilon_1 S}{d_0 - d_1(x) \left(1 - \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}\right)}$   |                 |
| deskový s proměnnou plochou překrytí              |        | $C = \varepsilon \frac{S(x)}{d}; \quad \frac{\Delta C}{\Delta l} \doteq -\frac{C_{\max}}{l_{\max}} \left(1 + \frac{\Delta d}{d}\right)$   |                 |

# Principy kapacitních snímačů II

| Typ snímače   | schema  | funkční vztahy   | charakteristika   |
|---|---|--|---|
| deskový s proměnnou plochou překrytí                        |    | $C = \varepsilon \frac{S(x)}{d}; \quad \frac{\Delta C}{\Delta l} \doteq - \frac{C_{\max}}{l_{\max}} \left[ 1 + \left( \frac{\Delta d}{d} \right)^2 \right]$  |    |
| deskový diferenční s proměnnou plochou překrytí dielektrika |    | $C = \frac{\varepsilon_1 S}{d_1 + d_2} \left[ 1 + \frac{l(x)}{l_{\max}} \cdot \frac{1 - \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}}{d_2 + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}} \right]$                     |    |
| válcový s proměnnou plochou překrytí                        |   | $C = \varepsilon \frac{2\pi \cdot l(x)}{\ln \frac{D_1}{D_2}}; \quad \frac{\Delta C}{\Delta l} \doteq - \frac{C_{\max}}{l_{\max}} \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{\Delta d}{d} \right)^2 \right]$ |   |
| diferenční s proměnnou plochou překrytí                     |  | $C = \varepsilon \frac{S(\alpha)}{d}$  |  |

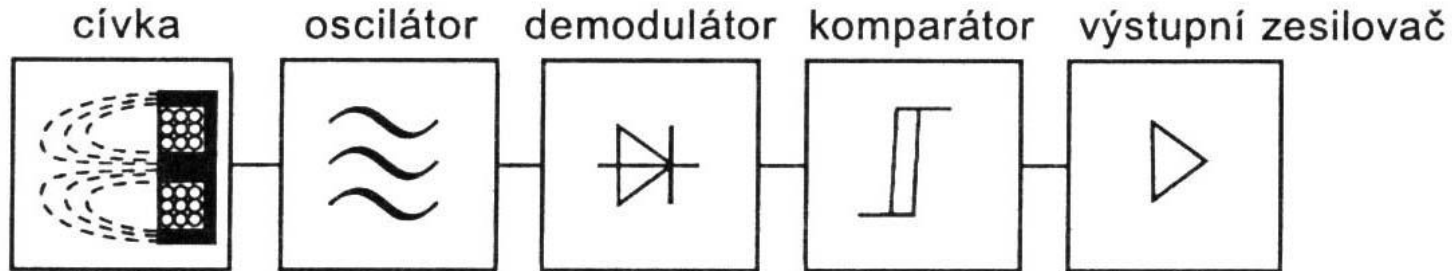
# Měřicí obvody kapacitních senzorů

- I Úkol měřicích obvodů:
  - W Vyhodnocení kapacity snímače a její převod na napěťový nebo proudový signál úměrný měřené veličině.
- I Podmínka správné činnosti kapacitních snímačů:
  - W Minimalizace vlivu parazitních kapacit, které mohou znehodnotit výsledek měření.
    - I Nejjednodušší metodou je zkrácení přívodů k měřicímu členu. Pokud to daná aplikace umožňuje, je výhodné použít snímač s integrovaným převodníkem.
- I Metody vyhodnocení kapacity snímače:
  - W Můstkové metody - měřicí kondenzátor je zapojen do jedné z větví můstku napájeného harmonickým napětím.
  - W Zpětnovazební obvody - měřicí kondenzátor je součástí děliče zapojeného do zpětné vazby operačního zesilovače.
  - W Rezonanční metody - měřicí kondenzátor je součástí LC obvodu, kapacita se převádí na kmitočet oscilátoru.

# Bezkontaktní indukční snímače

## I Princip činnosti

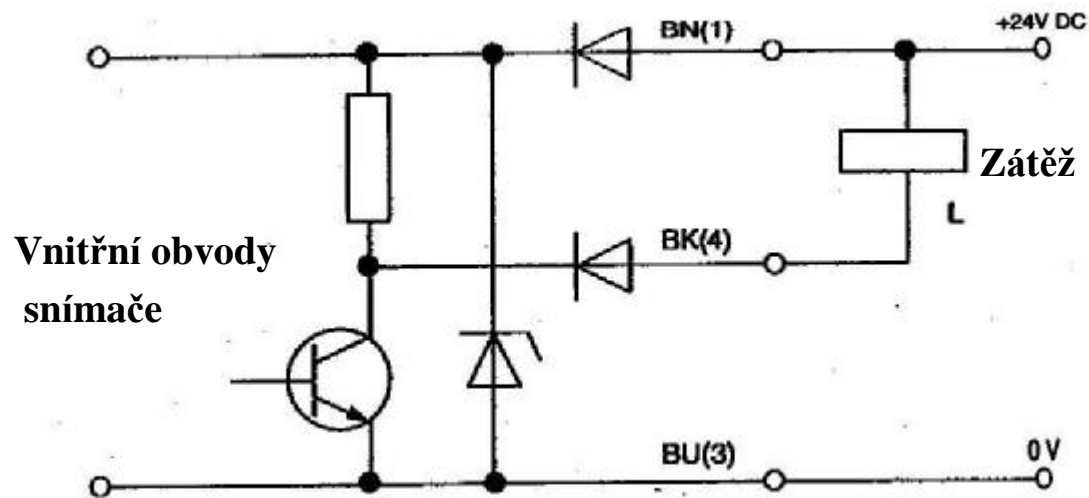
W Rozladování oscilátoru vlivem vířivých proudů po přiblížení kovové clonky k čelu cívky.



- W Oscilátor vyzařuje do osy snímače vf elektromagnetické pole
- W Přiblížením kovového předmětu k čelu cívky v něm vzniknou vířivé proudy
- W Vznik elektromagnetického pole, které tlumí kmitání LC obvodu.
- W Dojde k rozladění oscilátoru, jeho výstupní signál je demodulován
- W Komparátor napětí z demodulátoru porovná s prahovou hodnotu a v případě přítomnosti předmětu překlopí klopný obvod.

# Elektrické připojení indukčního snímače

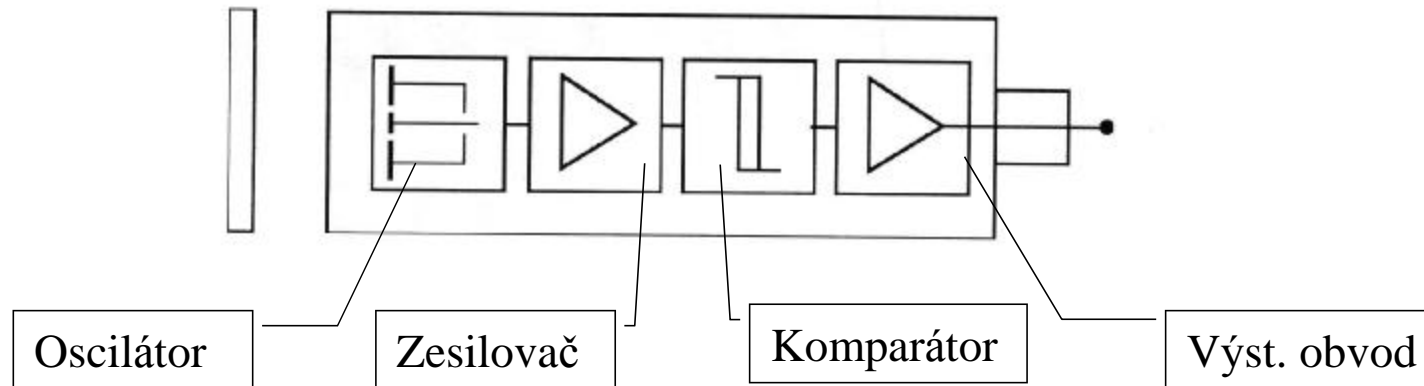
- I Indukční snímače polohy se z hlediska výstupního signálu vyrábí v několika modifikacích. Výstupní napětí je většinou stejnosměrné, ale může být i střídavé, jednotlivé snímače se liší úrovní výstupního napětí.
- I Do elektrického obvodu se nejčastěji zapojují dvěma nebo třemi vodiči. U třívodičového zapojení rozlišujeme, zda zátěž (např. vstup programovatelného automatu) bude zapojena proti společnému kladnému (NPN) nebo zápornému (PNP) vodiči.



# Bezkontaktní kapacitní snímače

## I Snímač je složen ze čtyř funkčních bloků:

- W Dvě snímací elektrody - kondenzátor se základní kapacitou  $C$
- W RC oscilátor - měřicí kondenzátor je součástí RC oscilátoru
- W Komparační spínací obvod
- W Výstupní obvod



## I Použití kapacitních snímačů

- W papír, plast, olej, vodní roztoky, granulát prášek, atd.



# Optické absolutní snímače polohy

## I Princip:

W Modifikace světelného toku skleněným kotoučkem se soustřednými stopami s průhlednými a neprůhlednými plochami kódovanými v Grayově kódu.

## I Výstupní signál:

W digitální slovo (šířka=počet stop), které reprezentuje polohu (úhlovou hodnotu) vztaženou k referenčnímu bodu.

## I Rozlišovací schopnost

W  $\Delta\alpha = 360/2^p$  [°] p počet stop

## I Výhody

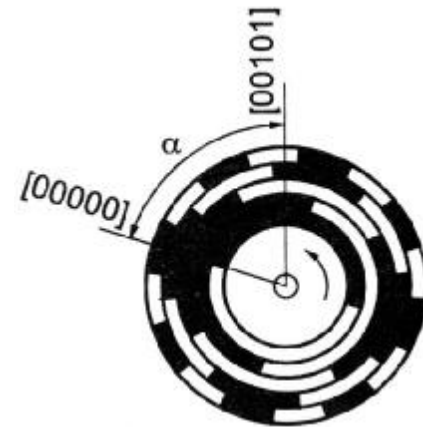
W poloha je určitelná v kterémkoli okamžiku

W necitlivost na poruchy

## I Nevýhody

W vyšší cena

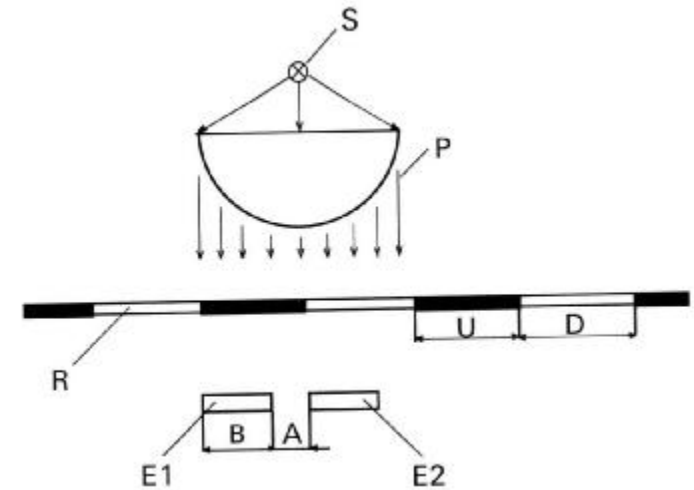
W nákladné příslušenství pro zpracování měřených dat, přenos a vyhodnocení



# Optické inkrementální snímače polohy

## I Princip:

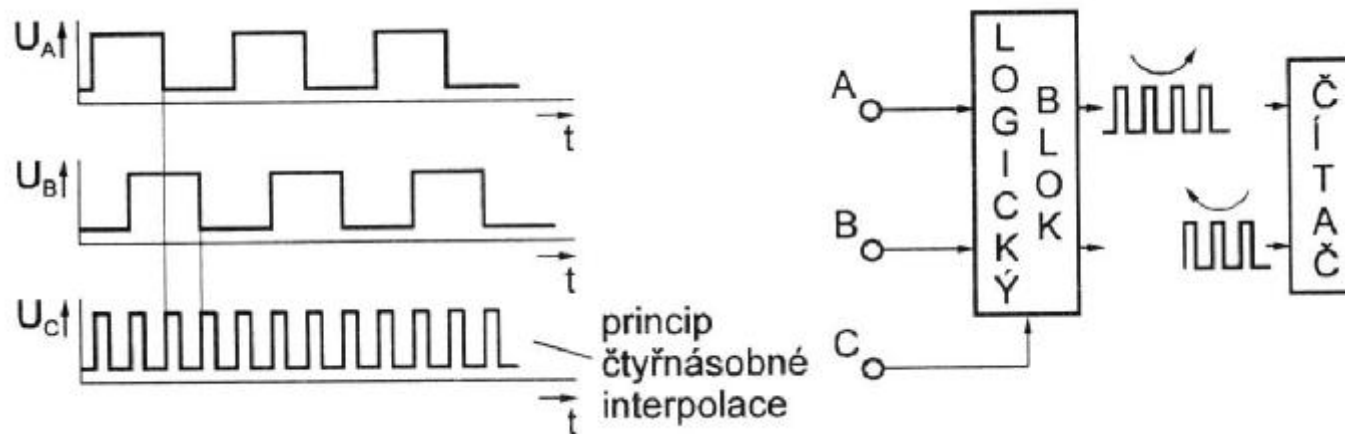
- W** Minimální konfigurace obsahuje jeden světelný zdroj, rotující disk s průhlednými a neprůhlednými dílky, dvě snímací jednotky a vyhodnocovací logické obvody.
- W** Světelný tok zdroje S (Ga-As-LED) upravený nastříknutou čočkou P prochází rastrem R ke dvěma snímacím fotodiodám E1, a E2.
- W** Fázový posun  $U_A$ ,  $U_B$  ( $90^\circ$ ) je nutný pro vyhodnocení směru pohybu.
- W** Větší rozlišovací schopnosti snímače dosáhneme přidáním pevného optického rastru a využitím noniového jevu.



# Vyhodnocovací obvody inkrementálních snímačů

## I Vyhodnocení signálu

- W Signál z fotodiod je upraven interními tvarovacími obvody
- W Počet impulsů nese informaci o poloze
- W Sekvence signálů  $U_A$ ,  $U_B$  nese informaci o směru pohybu
- W Rozlišovací schopnost snímače lze zvýšit elektronicky
- W Referenční značka jednou za otáčku dodává přídatný referenční impuls.
- W Inverzní kanály zvyšují spolehlivost snímačů



# Provedení inkrementálních snímačů

## I Rotační

## I Lineární

W snímací kotoučky jsou nahrazeny lineárními optickými rastry (posuvné měřítko a pevný jezdec)

## I Měřicí krok

W je dán počtem segmentových dílků na rotujícím dělicím disku (50 až 36 000) a vyhodnocovací schopností elektronických obvodů.  
(Dělení disku se provádí fotolitografickou technologií podobně jako u integrovaných polovodičových součástek.)



Inkrementální snímače LARM Netolice

# Jednocestné systémy

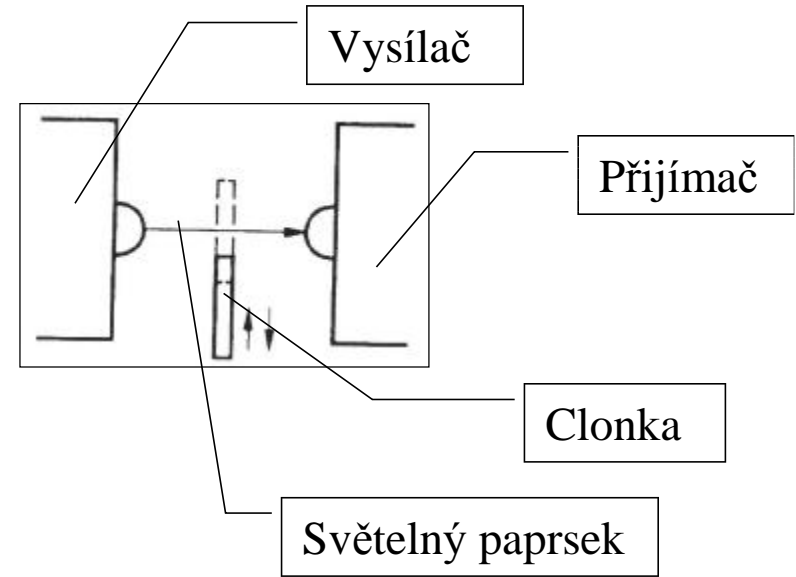
## I Světelná závora

### W Vysílač

- ▮ nekoherentní, či laserová dioda vyzařující ve viditelné nebo infračervené oblasti

### W Přijímač

- ▮ detekce dopadajícího záření, vyhodnocení, odlišení záření vysílače a světlo dopadající z okolí
- ▮ fotodioda, fototranzistor, či složitější optron, jehož citlivost odpovídá vlnové délce vysílače.



## I Optická mříž

- W Kombinace více světelných závor a jejich logické propojením
- W Hlídá plochu mezi vysílačem a přijímačem

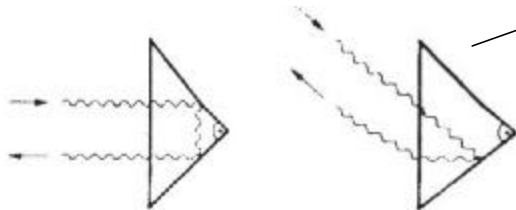
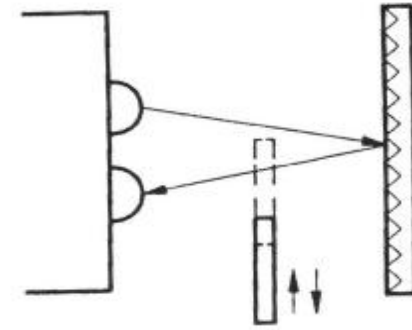
## I Světelná záclona

- W Záření jednoho vysílače vede po odrazu od soustavy zrcadel po různých dráhách, než dospěje k přijímači.

# Reflexní a snímací systémy

## I Světelná závora

- W Vysílač i přijímač světla jsou konstrukčně spojeni do jedné jednotky
- W Na opačné straně sledovaného prostoru je umístěno zrcadlo
- W Zrcadlo musí zaručit správný zpětný odraz i při svém náklonu



Funkce trojitého zrcadla

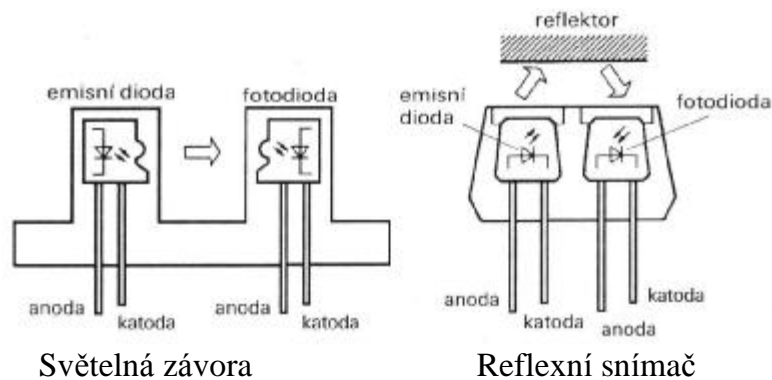
Reflexní plocha je složena z trojzrcátek, tvořených třemi navzájem kolmými rovinami (roh krychle).

## I Snímací (ohledávací) systémy

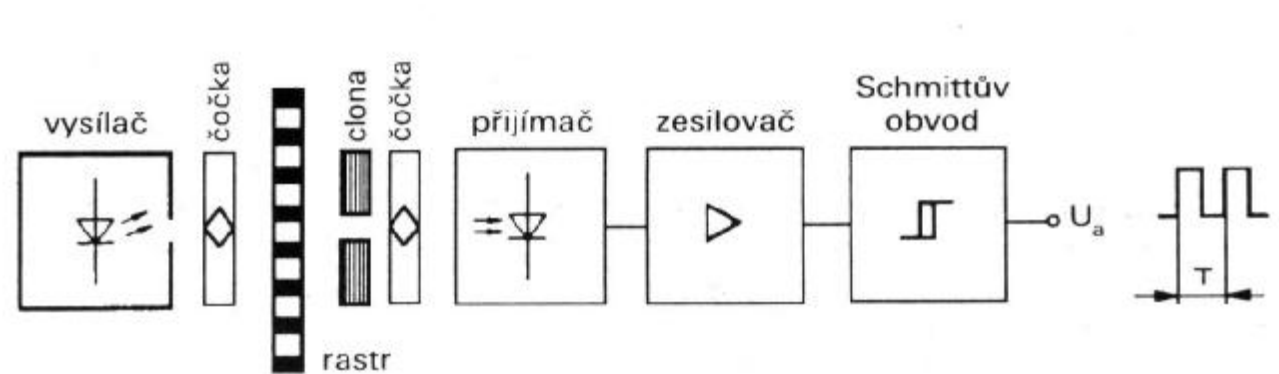
- W Jsou podobné reflexním systémům
- W Světelný paprsek je místo zrcadlem odrážen předmětem
- W Odraz je difúzní a odražena je jen část dopadajícího záření.
- W Ohledávací systém tedy musí pracovat s větším výkonem než reflexní.

# Provedení a použití optických systémů

## Provedení optických snímačů



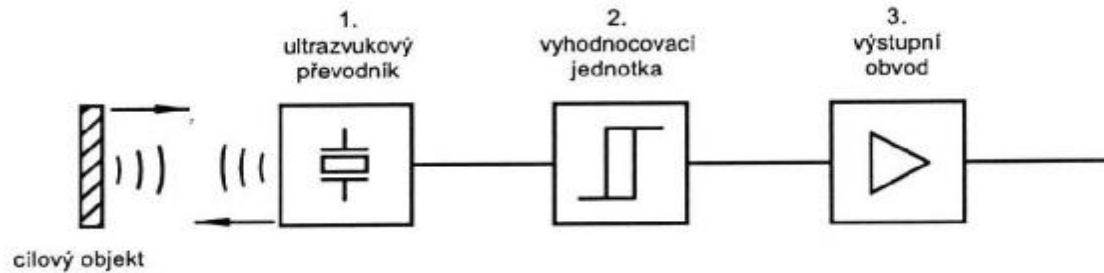
## Měření otáček



# Ultrazvukové snímače polohy

## I Princip

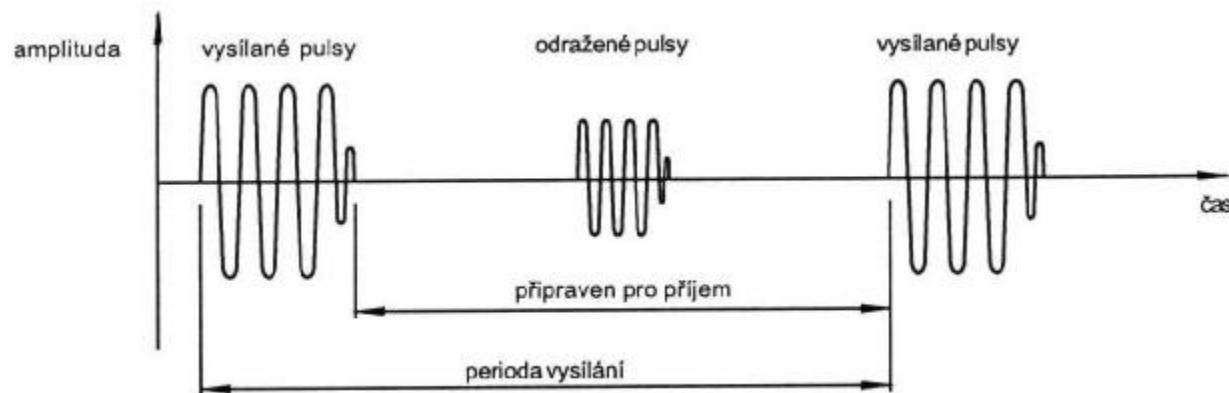
W Ultrazvukové snímače pracují na principu odrazu ultrazvukových pulsů od detekovaného objektu



W Ultrazvukový převodník (kombinovaný vysílač/přijímač) vyšle krátký zvukový puls

W Přepne se do přijímacího režimu a je vyhodnocován přijatý ultrazvukový puls, u kterého se nejdříve zjišťuje zda opravdu jde o echo vyslaného signálu.

W Na základě délky intervalu "vyslaný puls - echo" je odvozeno, zda předmět leží v nastaveném rozmezí

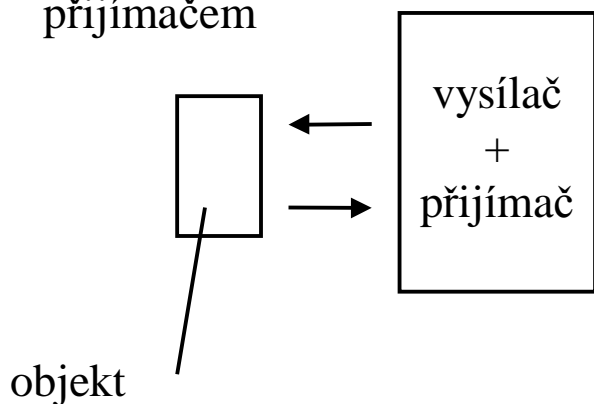




# Typy ultrazvukových snímačů

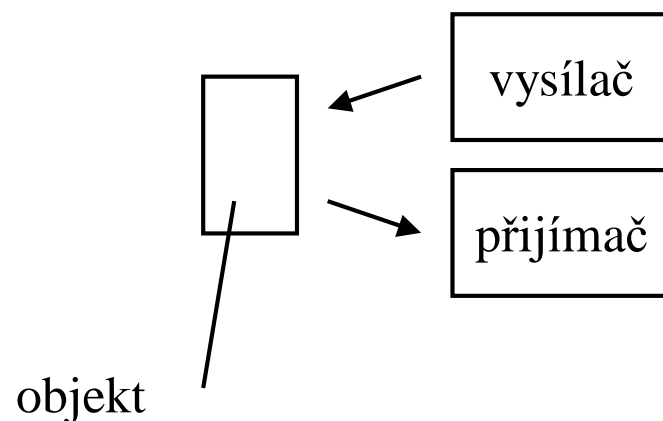
## I Jednohlavové systémy

W Snímače pro přímou detekci s kombinovaným vysílačem a přijímačem



## I Dvouhlavové systémy

W Snímače pro přímou detekci s děleným přijímačem a vysílačem



## I Ultrazvukové závory

W Snímače s průchozím paprskem

